

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

В статье рассмотрены вопросы применения тензометрической аппаратуры для проведения экспертного обследования машин и механизмов, при проведении научных исследований в технической сфере, для иллюстрации практическими методами теоретических аспектов различных областей профессиональных знаний в рамках учебного процесса.

Ключевые слова: тензометрия, тензометрическая станция, тензодатчик, инструменты исследований, подъемно-транспортные машины, образовательный процесс.

APPLICATION OF TENSOMETRIC EQUIPMENT IN EDUCATIONAL PROCESS

The paper considers issues of using tensometric equipment for the purposes of conducting expert analysis on machinery and mechanisms, doing scientific research in the engineering field, demonstrating theoretical concepts of various professional knowledge fields via practical methods during education of students

Keywords: tensometry, tensometric station, strain gauge, research tools, lifting and transporting machines, education process.

На протяжении всей современной истории развития подъемно-транспортных машин широкое применение находили различные исследования практического и научного характера, позволяющие определить значения параметров и выявить основные характеристики отдельных компонентов и механизмов подобного оборудования и использующие для этих целей инструменты, соответствующие поставленной задаче. Среди этих инструментов особое место занимают тензометрические средства.

Тензометрия представляет собой совокупность экспериментальных методов определения механического напряжения детали, конструкции. Основана на определении деформаций или других параметров материала, вызванных механическим напряжением [1]. Тензометрическая аппаратура может быть использована на всех этапах жизненного цикла подъемно-транспортного оборудования: при проектировании, изготовлении, монтаже, проведении технического освидетельствования, а также в процессе эксплуатации и на стадии завершения проектного эксплуатационного ресурса, когда решается вопрос о возможности продле-

ния срока службы оборудования, либо снятия его с эксплуатации [2].

Можно выделить три основные области применения тензометрических инструментов:

- для проведения экспертного обследования машин и механизмов в период их эксплуатации;
- при проведении научных исследований технической сфере с применением методов моделирования и анализа;
- для иллюстрации практическими методами теоретических аспектов различных областей профессиональных знаний в рамках учебного процесса.

Одним из примеров использования тензометрии на практике является проведение силовых испытаний с целью выявления показателей прочности и получения информации для совершенствования конструкции или определения срока службы машины. Задачами подобных испытаний является определение напряжений, возникающих в металлоконструкциях, нагрузок, действующих на них в условиях эксплуатации, усилий, требуемых для реализации предусмотренного функционала машины. Для испытаний подготавливается комплекс тензометрической аппаратуры, обеспе-

чивающий измерение показателей. Исполнителю представляется техническое задание, содержащее информацию об объекте, целях, задачах, месте проведения, средствах, условиях испытаний, исследуемых узлах и механизмах, режимах и методах испытаний, требованиях к тензометрическому сопровождению и отчетности.

Научные исследования на базе тензометрического комплекса позволяют проанализировать динамические процессы в узлах и механизмах подъемно-транспортных машин, выявить закономерности в процессах, аналитически или математически представить взаимосвязи различных компонентов, описать функционирование с использованием средств формализации, смоделировать детали или узлы практически любой формы, симитировать отдельные операции и работу в целом, определить напряженно-деформированное состояние практически в любой точке детали, спроектировать детали, характеризующиеся долговечностью и надежностью, сформировать теорию исследуемого процесса и разработать новые, инновационные технические решения [3].

В то же время широкий спектр применения и специфический характер инструментария тензометрии обуславливает необходимость подготовки специалистов, профессионально владеющих средствами и методами данной практической сферы. В этой связи интеграция методологии тензометрии в образовательный процесс представляется крайне важной задачей.

На кафедре подъемно-транспортных машин и роботов УрФУ тензометрическая аппаратура ис-

пользуется достаточно широко в учебном процессе, научно-исследовательской работе, практической деятельности. Так, еще в 1956 году заведующим кафедрой Петуховым П. З. была опубликована книга об использовании тензометрии в машиностроении [4], в дальнейшем был создан комплекс для измерения напряжений металлоконструкций на основе тензометрического метода исследования машин, на протяжении многих лет неизменной составляющей некоторых лабораторных работ являются тензометрические датчики (рис. 1).

Технология размещения датчиков на исследуемом объекте путем зачищения поверхности, ее спиртовой обработки, наклеивания по сути не меняется. Однако аппаратура, которая применяется с ними для определения разницы между измерительным и компенсационным напряжениями и записи соответствующего сигнала для дальнейшего анализа, со временем менялась весьма кардинально. Так, в рамках учебного процесса выделяются периоды использования в лабораторных работах светолучевого осциллографа, аппаратно-программного комплекса аналого-цифрового преобразования (АЦП) и тензометрической станции.

Светолучевой осциллограф типа Н071.4М (рис. 2, а) работал в паре с тензоусилителем ТА-5; осциллограмма печаталась на светочувствительной бумаге, что определило основные недостатки подобного комплекса — диаграмма хранилась недостаточно долго, ее обработка была недостаточно удобной и гибкой, производство самой бумаги прекратилось.

В связи с этим этот комплекс был заменен на более современную систему с применением ЭВМ. Этот аппаратно-программный комплекс состоял из трех компонентов: плата АЦП (устанавливалась в слот ISA персонального компьютера и преобразовывала аналоговый сигнал в цифро-

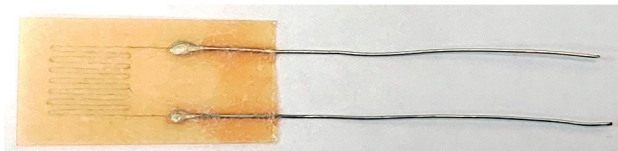
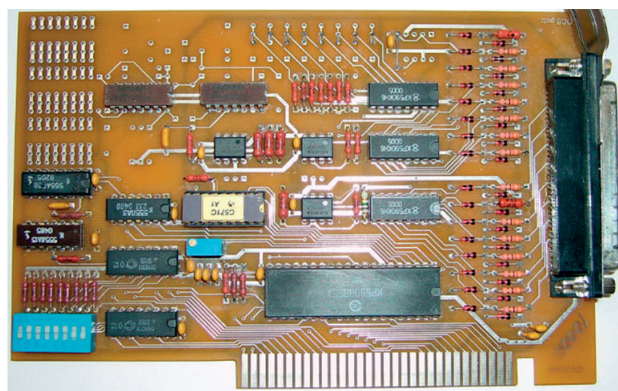


Рис. 1. Тензодатчик



а

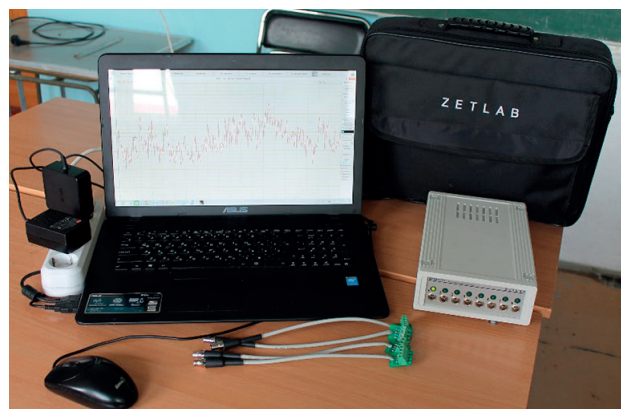


б

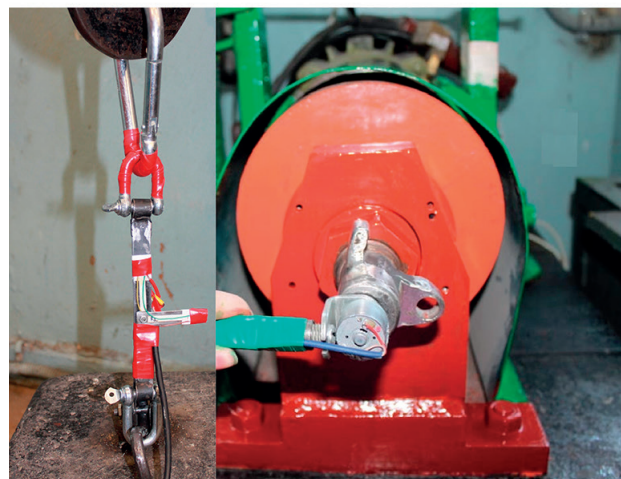
Рис. 2. а — светолучевой осциллограф типа Н071.4М; б — плата АЦП

вую форму) (рис. 2, б), переходная плата (набор сопротивлений и потенциометров для балансировки каналов), программное обеспечение (для считывания цифровых сигналов, представление их в графической форме, последующей частичной обработки). К сожалению, у системы со временем также обнаружили недостатки — программное обеспечение было написано под DOS, обращение к портам платы происходило напрямую (что срабатывало только под старые версии Windows), функциональность программы была ограничена, плата ISA пришла в негодность, а сам слот в новых компьютерах перестал применяться.

Поэтому в 2015 году кафедрой была приобретена тензометрическая станция ZET 017-T8 (рис. 3, а), включающая в себя анализатор спектра и программное обеспечение ZETLAB [5]. Характеристики анализатора спектра в целом схожи с ранее использовавшейся аппаратурой (8 каналов, одновременная обработка сигналов), однако программное обеспечение позволяет производить более глубокий анализ сигнала, предоставляя ши-



а



б

Рис. 3. а — тензостанция ZET 017-T8; б — использование в лабораторном процессе

рокий выбор различных измерительных подпрограмм. В то же время интеграция тензометрической станции в лабораторный практикум (рис. 3, б) и ее использование с ранее применяемыми схемами подключения датчиков оказалась достаточно сложной задачей, требующей значительного времени, объема выполняемых работ, изучения теоретических и практических особенностей работы системы и, соответственно, достаточной вовлеченности сотрудников кафедры в этот процесс. Подобный переходный период внедрения сказывается не только на проведении уже существующих лабораторных работ, но и, что более важно, на разработке новых.

В лабораторном практикуме образовательной программы бакалавриата кафедры предусмотрено несколько лабораторных работ с разными степенью и методикой использования тензометрической аппаратуры по следующим дисциплинам:

- грузоподъемные машины («Исследование процесса срабатывания колодочного тормоза с электрогидравлическим толкателем», «Определение времени работы механизма подъема груза», «Определение динамических нагрузок при работе механизма подъема электротали», «Определение коэффициента сопротивления движению крановой тележки»);

- специальные краны («Исследование процессов зажатия слитков клещами колодцевого крана»);

- строительная механика ПТСДМ («Исследование работы безраскосной фермы», «Исследование нагрузок в стержнях фермы с треугольной решеткой»);

- строительные и дорожные машины («Определение параметров процесса копания грунта ковшом драглайна на стенде»);

- машины непрерывного транспорта («Экспериментальное определение коэффициента сопротивления движению полотна пластинчатого конвейера»).

К сожалению, интеграция тензометрической станции завершена еще не со всеми работами. Также по этим и другим дисциплинам (например, «Эксплуатация и ремонт ПТСДМ», «Промышленные роботы», «Управление техническими системами») уместно предложить к разработке другие лабораторные работы с использованием тензостанции и ПО. С другой стороны, насущная потребность в подготовке специалистов, владеющих данным инструментарием в полной мере при решении практических задач, обуславливает необходимость изучения студентами самих принци-

пов тензометрических исследований, а не только их результатов при рассмотрении теории других дисциплин. Подобная задача могла бы быть реализована в рамках существующих дисциплин «Исследование процессов транспортно-технологических

комплексов» в бакалавриате, «Основы научных исследований» в магистратуре или в новой дисциплине, посвященной инструментам научных исследований и экспериментов, в основной или факультативной части образовательных программ.

Список литературы

1. Тензометрия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тензометрия> (дата обращения: 20.10.2019).
2. Хайретдинов В. У. Тензометрические исследования оборудования АЭС / В. У. Хайретдинов, Р. Ю. Малышев, М. В. Баданова. — URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2015/documents/mntk2015-012.pdf> (дата обращения: 20.10.2019).
3. Макарова В. В. Применение экспериментальных методов исследования узлов и механизмов горно-транспортных машин / В. В. Макарова, О. А. Лукашук, В. П. Жегульский // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сб. трудов XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека», 4–5 апр., 2019 г., г. Екатеринбург. — Екатеринбург : УГГУ, 2019. — С. 379–382.
4. Петухов П. З. Применение тензометрии в машиностроении / П. З. Петухов, А. В. Казанцев. — Москва : Машгиз, 1956. — 366 с.
5. Анализатор спектра ZET017-T8. Тензостанция : руководство по эксплуатации ЗТМС.411168.004 РЭ. — 20 с.